



**KLIMA- OG  
FORURENSNINGS-  
DIREKTORATET**

Statlig program for forurensningsovervåking  
Rapportnr. 1135/2012

**OVERSKRIDELSER AV TÅLEGRENSER FOR  
FORSURING OG NITROGEN FOR NORGE**  
OPPDATERINGER MED PERIODEN 2007-2011

TA  
2991  
2012

Utført av:





KLIMA- OG  
FORURENSNINGS-  
DIREKTORATET

## Statlig program for forurensningsovervåking

Overskridelser av tålegrenser for forsuring og nitrogen for  
Norge – oppdatering med perioden 2007–2011

SPFO-rapport: 1135/2012

TA-2991/2012

ISBN 978-82-577-6183-7

Oppdragsgivere: Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif)  
Utførende institusjoner: NIVA, NILU

## Overskridelser av tålegrenser for forsuring og nitrogen for Norge

**Rapport  
1135/2012**

Oppdatering med perioden 2007–2011



Prosjektansvarlig: NIVA  
NIVA-prosjektnummer: O-12203  
NIVA-rapport: 6448-2012

# RAPPORT

## Hovedkontor

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: www.niva.no

## Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

## Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

## Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 55 31 22 14

## NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9  
Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

<b>Tittel</b> Overskridelser av tålegrenser for forsuring og nitrogen for Norge – oppdatering med perioden 2007–2011	<b>Løpenr. (for bestilling)</b> 6448-2012	<b>Dato</b> 30.11.2012
	<b>Prosjektnr. Undernr.</b> O-12203	<b>Sider Pris</b> 20
<b>Forfatter(e)</b> Espen Lund, Wenche Aas (NILU), Tore Høgåsen, Thorjørn Larssen	<b>Fagområde</b> Sur nedbør	<b>Distribusjon</b>
	<b>Geografisk område</b> Norge	<b>Trykket</b> NIVA

<b>Oppdragsgiver(e)</b> Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif)	<b>Oppdragsreferanse</b>
---	--------------------------

## Sammendrag

Rapporten viser overskridelser av tålegrenser for forsuring av vann og jord, samt overgjødslings effekter på vegetasjon, med avsetningsverdier for perioden 2007–2011. Disse avsetningsverdiene gir noe reduksjon i areal med overskridelse av tålegrenser for vann siden forrige periode: Ved bruk av den mest vanlige modellen og inkludering av organiske syrer ( $SSWC_{\text{aaa}}$ ) er 8 % av Norges areal er overskredet (10 % i forrige periode). Bruk av  $FAB_{\text{aaa}}$ -modellen, som forutsetter full nitrogenmetning og dermed et mye større forsuringsbidrag fra nitrogen, gir en overskridelse på 19 % av Norges areal. Dette er også en liten reduksjon siden forrige periode (21 %). Overskredet areal for overgjødslings effekter på vegetasjon fra nitrogen viser det samme som de tre foregående periodene: 21 % av Norges areal er overskredet.

<b>Fire norske emneord</b> 1. Tålegrenser 2. Overskridelser 3. Overflatevann 4. Vegetasjon	<b>Fire engelske emneord</b> 1. Critical loads 2. Exceedances 3. Surface water 4. Vegetation
--	--



Thorjørn Larssen

Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle

Forskningsdirektør

# **Overskridelser av tålegrenser for forsuring og nitrogen for Norge**

**Oppdatering med perioden 2007–2011**

## Forord

NIVA er på oppdrag fra Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) nasjonalt *Focal Centre* i UNECEs program *International Cooperative Programme on Modelling and Mapping of Critical Loads & Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends* (ICP M&M). Som en del av dette arbeidet inngår jevnlig oppdateringer av tålegrensedatabasen etter hvert som ny informasjon og kunnskap blir tilgjengelig.

Hvert femte år har Klif bedt Norsk institutt for vannforskning (NIVA) om oppdaterte beregninger og kart for overskridelser av tålegrensene for tilførsler av S og N til vann og jord. Denne rapporten viser oppdaterte tålegrensekart og overskridelser med avsetningsdata for perioden 2007–2011.

Arbeidet har vært ledet av Thorjørn Larssen. Wenche Aas, Norsk institutt for luftforskning (NILU), har beregnet nye avsetningsdata for svovel- og nitrogenforbindelser. Espen Lund og Tore Høgåsen og har oppdatert databaser, gjort beregningene samt laget kart og tabeller.

Arbeidet er gjennomført på kontrakt fra Klif. Kontaktperson hos Klif har vært Tor Johannessen.

Oslo, november 2012

*Thorjørn Larssen*  
*Forskningsleder, prosjektleder*

## **Innhold**

<b>Sammendrag</b>	<b>7</b>
<b>Summary</b>	<b>8</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>9</b>
<b>2. Metoder for beregning av tålegrenser, avsetninger og overskridelser</b>	<b>10</b>
2.1 Overflatevann	10
2.2 Overgjødsling av vegetasjon	11
2.3 Skogsjord	11
2.4 Avsetninger	13
2.5 Overskridelser	13
<b>3. Resultater</b>	<b>15</b>
3.1 Overskridelser av tålegrenser for forsuring av overflatevann	15
3.2 Overskridelser av tålegrenser for overgjødsling av vegetasjon	16
3.3 Overskridelser av tålegrenser for forsuring av jord	17
<b>4. Konklusjoner</b>	<b>18</b>
<b>5. Referanser</b>	<b>19</b>

## Sammendrag

Begrepet *Naturens tålegrenser* (eng.: *critical loads*) er i dag akseptert som et vitenskapelig utgangspunkt for politiske beslutninger om reduksjoner i utslipp av svovel og nitrogen. Store overskridelser av tålegrensene for forsuring av overflatevann har vært en betydelig faktor under forhandlinger om Oslo- og Gøteborg-protokollene under UNECE *Konvensjon for Langtransporterte Grenseoverskridende Luftforurensninger* (LRTAP-konvensjonen).

Avsetningen av svovel i Europa, inkludert Norge, har avtatt betydelig siden 1970-tallet, og nedgangen har fortsatt også fra perioden 2002–2006 til perioden 2007–2011. Avsetningen av nitrogen viser ikke samme tydelige nedgang, men viste i Norge i perioden 2007–2011 en liten nedgang i forhold til perioden 2002–2006.

Overskridelse av tålegrenser for tilførsler av svovel og nitrogen til overflatevann, jord og vegetasjon er beregnet på bakgrunn av nye avsetningskart for perioden 2007–2011 og sammenlignes i denne rapporten med tidligere perioder.

For overflatevann er overskridelser av tålegrenser beregnet med to modeller: *Steady State Water Chemistry* (SSWC) og *First Order Acidity Balance* (FAB). Begge modeller er benyttet med justering for organiske syrer, betegnet henholdsvis  $SSWC_{\text{aaa}}$  og  $FAB_{\text{aaa}}$ .

$SSWC_{\text{aaa}}$ -modellen gir et "best case" estimat for overskridelsene.  $SSWC_{\text{aaa}}$  viser at 8 % av Norges areal har overskridelser av tålegrensene.  $FAB_{\text{aaa}}$ -modellen gir et "worst case" estimat (antar full nitrogenmetning og bidrag til forsuring fra nesten all nitrogenavsetning). Den viser at 19 % av Norges areal har overskridelser av tålegrensene.

Tålegrenser for overgjødning av vegetasjon er overskredet i 21 % av Norges areal. Dette er det samme som de tre foregående periodene. Selv om totale overskridelser er stabile, ser det ut til å være noen forandringer i hvilke områder som har overskridelser.

Tålegrenseoverskridelsene er størst i Vest-Agder og Rogaland, men også fortsatt betydelige i Aust-Agder, deler av Telemark og deler av Hordaland og Sogn og Fjordane.

## Summary

Title: Exceedances of critical loads for acidification of surface water and soil and for nitrogen effects on vegetation in Norway 2007–2011

Year: 2012

Authors: Espen Lund, Wenche Aas (NILU), Tore Høgåsen and Thorjørn Larssen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6183-7

The concept of critical loads has been well established as a scientific basis in developing emission reduction plans of sulphur and nitrogen emissions in Europe. Large exceedances of critical loads for surface water acidification have been a significant driver for negotiating the Oslo and Gothenburg protocols under the UNECE Convention on Long Range Transboundary Air Pollution.

The deposition of sulphur in Europe, including Norway, has decreased substantially since the 1970s, and the decrease has continued also from the period 2002–2006 to 2007–2011.

Nitrogen deposition has not decreased in a similar manner, but compared to the period 2002–2006, there is a small decrease in the period 2007–2011.

Exceedances of critical loads for surface waters, soils and vegetation are calculated for the updated deposition map for the time period 2007–2011 and are compared with previous years.

Two methods have been used to calculate the critical loads exceedances for waters: the Steady State Water Chemistry (SSWC) model and the First Order Acidity Balance (FAB) model.

Both models have been used with organic acids included, denoted  $SSWC_{\text{oa}}$  and  $FAB_{\text{oa}}$ , respectively.

The  $SSWC_{\text{oa}}$  model gives a best case estimate for exceedances.  $SSWC_{\text{oa}}$  shows that 8 % of Norway's area is exceeded. The  $FAB_{\text{oa}}$  model gives a worst case estimate (assuming full nitrogen saturation and hence contribution from most of the deposited nitrogen to acidification) and shows that 19 % of Norway's area is exceeded.

For nutrient effects on vegetation of nitrogen as a nutrient, 21 % of Norway's area is exceeded. This is equal to the three previous periods. Even though the total exceedances are stable, there seems to be some differences in which areas that are exceeded.

The largest exceedances are found in Vest-Agder and Rogaland, but considerable exceedances are also still found in Aust-Agder, parts of Telemark and parts of Hordaland and Sogn og Fjordane.



## 1. Innledning

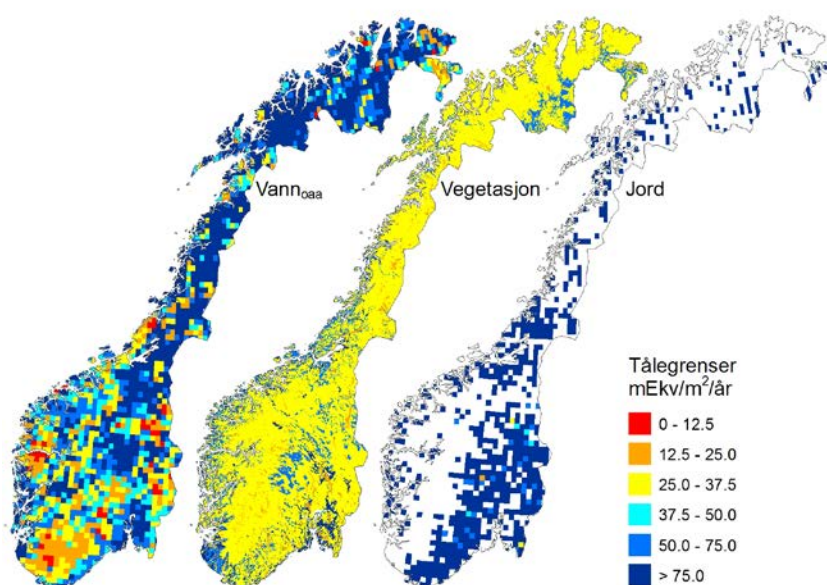
Begrepet *Naturens tålegrenser* (eng.: *critical load*) er i dag akseptert som utgangspunkt for politiske beslutninger om reduksjoner i utslipp av svovel og nitrogen. *Naturens tålegrenser* er et anslag over hvor mye naturen kan motta av et forurensende stoff uten å påføres skade. Langtransporterte luftforurensninger er en av flere trusler mot det biologiske mangfoldet, og tålegrensene utgjør relativt presise mål for et bærekraftig forurensningsnivå. Videre kan vi kvantifisere den belastningen som overskrider tålegrensen i forskjellige områder, som dermed gir grunnlag for og muligheten til, via internasjonale forhandlinger, å fatte politiske beslutninger om miljømål som står direkte i forhold til tålegrensene.

*Executive Body* under FNs økonomiske kommisjon for Europa (UNECE) har etablert *International Cooperative Programme (ICP) on Modelling and Mapping of Critical Loads & Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends under Konvensjonen for langtransporterte grenseoverskridende luftforurensning* (LRTAP-konvensjonen). Hvert medlemsland i Konvensjonen utarbeider nasjonale tålegrensedata. Disse samles, fremstilles i kart og rapporteres av et koordineringssenter (CCE) som er lagt til nederlandske MNP (*Netherlands Environmental Assessment Agency*; tidligere *National Institute of Public Health and the Environment* (RIVM)). Tålegrensekonseptet ligger til grunn for både den andre svovelprotokollen underskrevet i Oslo i 1994 (UNECE 1994) og multi-effect/multi-pollutant protokollen som ble undertegnet i Göteborg i 1999 (UNECE 1999).

Programmet *Naturens tålegrenser* ble startet i 1989 i regi av Miljøverndepartementet. Programmet gir bl.a. innspill til pågående aktiviteter under LRTAP-konvensjonen. NIVA har vært nasjonalt *Focal Center for Task Force on Mapping* siden starten av programmet i 1989 og har bidratt internasjonalt med utvikling av metoder for beregning av tålegrenser for både svovel og nitrogen for forsuring av overflatevann. Nasjonalt er det utarbeidet tålegrensekart for hele Norge og for Svalbard. Forrige oppdaterte kart med tålegrenser og overskridelser i Norge ble publisert i 2008 (Larssen *et al.* 2008).

## 2. Metoder for beregning av tålegrenser, avsetninger og overskridelser

For Norge er det utarbeidet tålegrenser for forsuring fra sterke syrer (svovel- og salpetersyre) til overflatevann og skogjord og for overgjødning (eutrofiering) av terrestrisk vegetasjon med nitrogen. For overflatevann presenteres tålegrensekart med inkludering av organiske syrer i effektledet i modellen. Tålegrensene for vegetasjon ble revidert i 2010. Tålegrensene er presentert i det følgende.



**Figur 1.** Tålegrenser for vann (organiske syrer inkludert), vegetasjon og jord i Norge.

### 2.1 Overflatevann

Tålegrensen for forsuring av overflatevann er basert på at syretilførselen ikke skal overskride forvittringshastigheten (bufferproduksjonen) i nedbørfeltet minus en mengde buffer som skal beskytte utvalgte biota mot skader. I praksis er grenseverdiene i Norge satt for å kunne opprettholde en reproduserende ørretbestand. Tålegrensene for vann er gitt per rute i et rutenett som dekker hele landet. For vann og jord er størrelsen på hver rute  $\frac{1}{4}$  lengdegrad og  $\frac{1}{8}$  breddegrad. Hele Norge dekkes da av 2303 ruter.

Vi har anvendt to modeller for å beregne tålegrenser og overskridelser av tålegrenser for sur nedbør (svovel og nitrogen) til overflatevann i Norge:

1. *The Steady-State Water Chemistry (SSWC)*, som beregner tålegrenser for sterk syre og dagens overskridelse (Henriksen og Posch 2001; UBA 2004).
2. *The First-order Acidity Balance (FAB)*, som beregner separate tålegrenser for svovel og nitrogen og deres overskridelser (Henriksen og Posch 2001; UBA 2004).

SSWC-modellen anslår forvittringshastigheten for nedbørfeltet utfra dagens vannkjemi (basekationer) og beregner ved hjelp av en faktor den delen av basekationene i vannet i dag som skyldes ionebytting i jorda. Buffermengden som må til for å beskytte det valgte biota (fisk for Norge) kalles  $ANC_{limit}$ .

SSWC-modellen er benyttet med organiske syrer i effekteleddet, betegnet  $SSWC_{oaa}$  (oaa = organic acid adjusted). Data for organiske syrer (TOC) finnes ikke i alle ruter. I ruter uten data er TOC satt lik  $1 \text{ mg L}^{-1}$ . Fremgangsmåte og metodeutvikling er beskrevet tidligere (Lydersen *et al.* 2004; Hindar og Larssen 2005)

FAB-modellen beregner som nevnt separate tålegrenser og overskridelser for svovel og nitrogen og tar hensyn til antatt framtidig endring i opptaksprosesser for nitrogen i jorda, innsjøen og sedimentene. I denne rapporten er FAB-modellen også justert for effekten av organiske syrer ( $FAB_{oaa}$ ).

Den vesentlige forskjellen mellom de to modellene er hvordan de behandler nitrogenavsetningen. SSWC-modellen er basert på den antagelsen at nitrogenopptaket i framtiden vil fortsette å være som observert i dag, mens i FAB-modellen antas det at en større andel nitrogen vil bidra til forsuring i framtiden. Modellene er beskrevet i detalj i andre publikasjoner (se for eksempel Henriksen og Posch 2001).

Tålegrensekartet for vann (Figur 1) viser at de laveste tålegrensene (røde og oransje ruter) finnes i betydelig grad i sørlige og vestlige deler av Norge, der berggrunnen er dominert av granitt og gneis, men følsomme områder finnes også spredt over hele landet. De høyeste svovelavsetningene finner vi i de samme områdene som har de laveste tålegrensene. Denne kombinasjonen av høy følsomhet og høy syreavsetning er hovedårsaken til at store områder i Sør-Norge er sterkt utsatt for forsuring av vann.

## 2.2 Overgjødsling av vegetasjon

Tålegrenser for overgjødsling av vegetasjon er basert på at tilførsel av nitrogen ikke skal overskride en bestemt årlig mengde for en gitt type vegetasjon. For Norge er tålegrensene anslått på basis av de samme empiriske verdier for ulike vegetasjonstyper som benyttes ellers i Europa (Achermann og Bobbink 2003; UBA 2004). Disse tålegrensene ble revidert i 2010, og noen naturtyper (blant annet næringsfattige vann) fikk lavere tålegrenser (Tabell 1) (Bobbink og Hettelingh 2011). Vegetasjonstypene er tatt fra vegetasjonskart basert på satellittdata. For å få best mulig overensstemmelse med tålegrensene i Europa, er et felles-Europeisk vegetasjonskart basert på satellittdata benyttet (laget av *Stockholm Environment Institute*, SEI, i samarbeid med CCE).

Tålegrensekartet for vegetasjon (Figur 1) er basert på empiriske grenseverdier og består derfor ikke av en flate med kontinuerlige verdier, men et fåtall verdier. Laveste grenseverdi er  $300 \text{ mg N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$  (tilsvarer  $21.4 \text{ mekv N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ ) (Tabell 1).

## 2.3 Skogsjord

Tålegrensen for sterk syre til skogsjord er basert på at syretilførsel ikke skal medføre at forholdet mellom basekationer og aluminiumsioner (BC:Al) i jordvannet blir lavere enn 1. Jordkjemiske data i Norge foreligger hovedsakelig for jord dekket av skog, og tålegrenser for jord beregnes kun for skogsjord.

Tålegrensene for skogsjord er beregnet med modellen *Steady State Mass Balance* (SMB) (UBA 2004). For beregning av forvittringshastighet, en viktig inngangsparameter til SMB-modellen, har vi brukt den dynamiske modellen MAGIC (*Model of Acidification of Groundwater in Catchments*) (Cosby, Hornberger *et al.* 1985; Cosby, Ferrier *et al.* 2001). Siden tålegrensene for skogsjord i svært liten grad har vært overskredet i Norge, er det ikke gjort endringer av tålegrensene siden forrige oppdatering (Larssen *et al.* 2008).

Tålegrensekartet for jord (Figur 1) viser at i de områder hvor det finnes skogsjord, er tålegrensene generelt høye. Det er 662 ruter med beregnet tålegrense for jord.

Tålegrensene som vises her, gjelder tilførsel av svovel under den forutsetning at tilført nitrogen tas opp og ikke har en forsurende effekt. Dette er en forenkling som reflekterer dagens situasjon i skogsområder (høyt nitrogenopptak), men er et "best case" scenario for fremtiden fordi det antas at nitrogen tilførsel heller ikke i fremtiden vil bidra til forsuring av skogsjord i Norge.

**Tabell 1.** Naturtyper (EUNIS-klasse i parentes), med tålegrenser i  $\text{mg N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$  og mulige effekter ved tålegrenseoverskridelser. ## pålitelig, # nokså pålitelig, (#) ekspertvurderinger (Bruteig og Aarrestad 2004). Revidering 2010 angitt i egen kolonne (Bobbink og Hetteling 2011).

		2004	2010	
Skog (G)	Lauvskog (G1 Broad leaved deciduous woodland)	1000–2000 #		Endringer i jordprosesser, bakkenær vegetasjon, mykorrhiza, økt risiko for næringsubalanse og parasittisme
	Barskog (G3 Coniferous woodland)		500–1000	
	Blandingsskog (G4 Mixed deciduous and coniferous woodlands)		500–800	
Myr (D)	Nedbørmyr (D1 Raised and blanket bogs)	500–1000 ##		Økt innslag av karplanter, endret moseflora, nitrogenmetting i torvmoser. N-akkumulasjon i torv og torvvann
	Fattig jordvassmyr (D2.2 Poor fens)	1000–2000 #		Økt innslag av halvgress og karplanter, negativ effekt på torvmoser
	Rikmyr (D4.1 Rich fens)	1500–3500 (#)		Økt innslag av høye gress, nedgang i diversitet
Kultur-landskap	Kulturarvengig eng (E Grassland and tall forb habitats)	1000–3000 (#)		Økt gressvekst, nedgang i diversitet, tilbakegang av typiske arter
	Kystlynghei (F4.11 Northern wet heaths, F2 Dry heaths)	1000–2000 ##		Nedgang i røsslyngdominans, moser og lav. Økt graminidevekst
Fjell og arktiske område	Tundra (F1 Tundra)	500–1000 #		Endring i biomasse, artssammensetning av moser og nedgang i lavdekke
	Heivegetasjon (F2 Arctic, alpine and subalpine scrub habitats, E4.2 Moss and lichen dominated mountain summits)	500–1500 (#)		Nedgang i lav, moser og lyngvekster
	Engvegetasjon (E4.3, E4.4 Alpine and subalpine grasslands)	1000–1500 (#)		Økning i nitrofile graminider og endringer i diversitet
Ferskvann (C)	Næringsfattige vann (C1.1 Permanent oligotrophic waters)	500–1000 ##	300–1000	Kortskuddplanter negativt påvirket. Økning i grønnalgevekst
Havstrand (B)	Sanddyner (B1 Coastal dune and sand habitats)	1000–2000 #		Økning i gress, nedgang i krypende urter, økt nitrogenlekkasje

## 2.4 Avsetninger

De totale avsetninger av svovel- og nitrogenforbindelser til Norge for perioden 2007–2011 har vært estimert basert på målinger av luft- og nedbørskjemi. I tillegg er det beregnet avsetninger av sjøsalter og ikke-marint kalium og kalsium. Resultatene gitt som tabulerte verdier til et landsdekkende rutenett på 50-50 km<sup>2</sup> og dette er tilgjengelig i separat rapport (Aas *et al.* 2012).

Beregningene er gjort ved å bruke data fra det nasjonale overvåkingsprogrammet som har vært rapportert årlig (SFT/Klif 2008–2012), kombinert med informasjon om nedbørmengde fra målinger utført av Meteorologisk institutt (met.no, 2007–2011). Det er brukt 13–14 norske stasjoner med kjemisk spesiering i nedbør, 5 stasjoner med spesiering i luft og ca. 500 nedbørstasjoner. Videre er målinger fra de svenske, finske og russiske målenettverkene brukt for å få gode estimater i grenseområdene. Det er benyttet interpolasjonsteknikken *statistisk kriging* for å beregne konsentrasjonsfelt av data fra luft- og nedbørmålingen. For detaljer henvises til Aas *et al.* (2012)

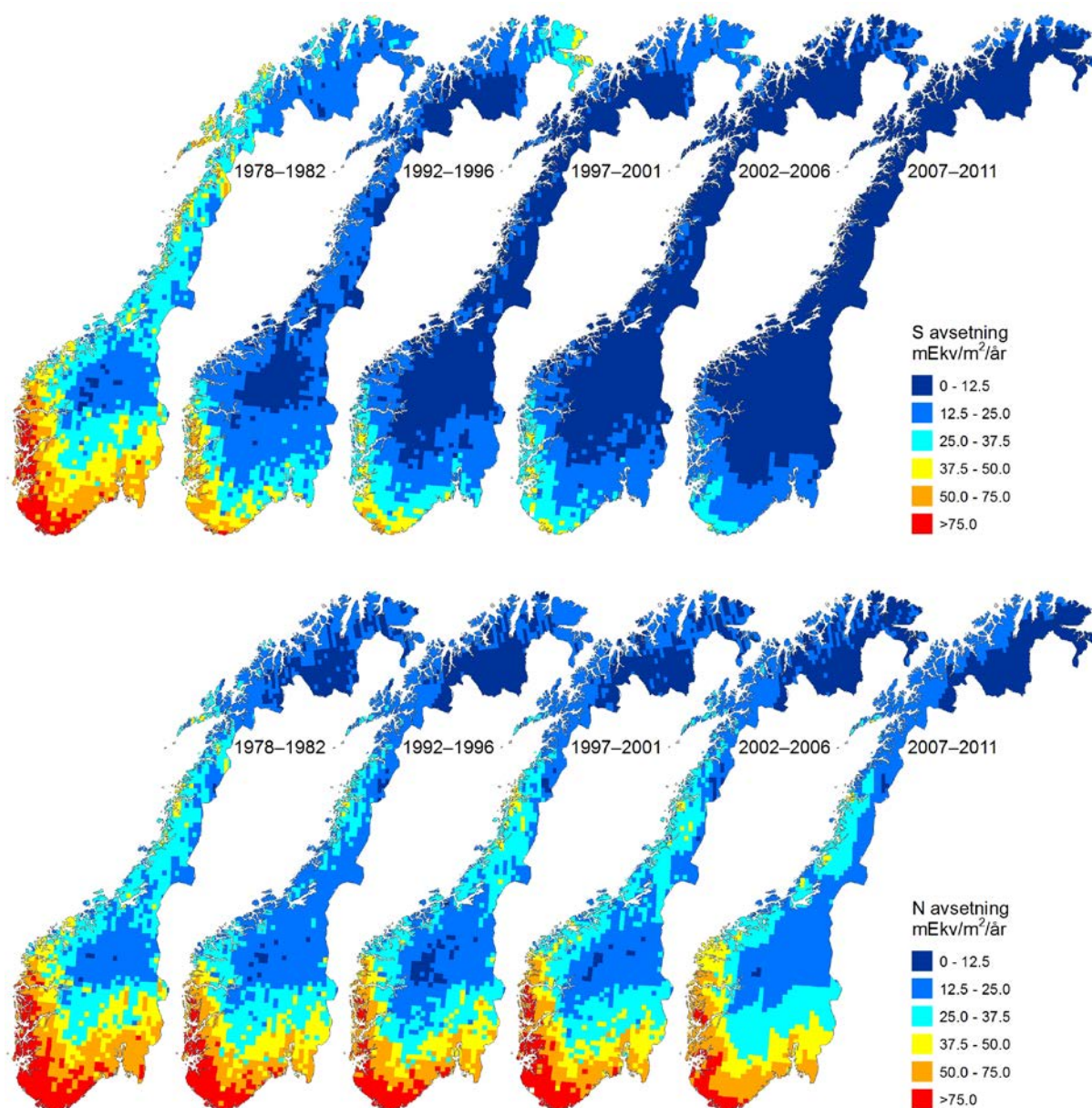
Total avsetning av ikke-marine komponenter var størst i de sørvestre deler av landet med maksimal svovelavsetning 0,49 gS/m<sup>2</sup> i 2007–2011. Laveste avsetninger (fra 0,05 gS/m<sup>2</sup>) ble registrert langs svenskegrensen fra Finnmark til Oppland fylke samt fjelltraktene i Sør-Norge. Avsetning av oksidert nitrogen for 2007–2011 er fra 0,06 gN/m<sup>2</sup> til 0,69 gN/m<sup>2</sup>. For redusert nitrogen er tallene for denne perioden og 0,05 gN/m<sup>2</sup> til 0,64 gN/m<sup>2</sup>.

Totale avsetninger for Norge i 2007–2011 er estimert til 54 000 tonn svovel og 140 000 tonn nitrogen. Det har vært en signifikant nedgang i den totale svovelavsetningen (27 %) og en nedgang i nitrogen (både redusert og oksidert form) (totalt 9 %) siden forrige periode, 2002–2006.

## 2.5 Overskridelser

Overskridelse av tålegrenser beregnes ved å trekke tålegrenseverdien fra avsetningsverdien for hver enkelt rute. Hvis tallet blir positivt, er tålegrensen overskredet og tallet angir mengden av overskuddsyre eller -nitrogen. Blir tallet negativt, er tålegrensen ikke overskredet. Overskridelse av tålegrenser er her rapportert for sur nedbør (svovel og nitrogen) i Norge for de tre reseptorene vann, vegetasjon og jord ved estimert årlig middelavsetning i fem perioder (Figur 2):

- 1978–1982
- 1992–1996
- 1997–2001
- 2002–2006
- 2007–2011



**Figur 2.** Avsetning av svovel (over) og nitrogen (under) i fem perioder fra 1978 til 2011.



### 3. Resultater

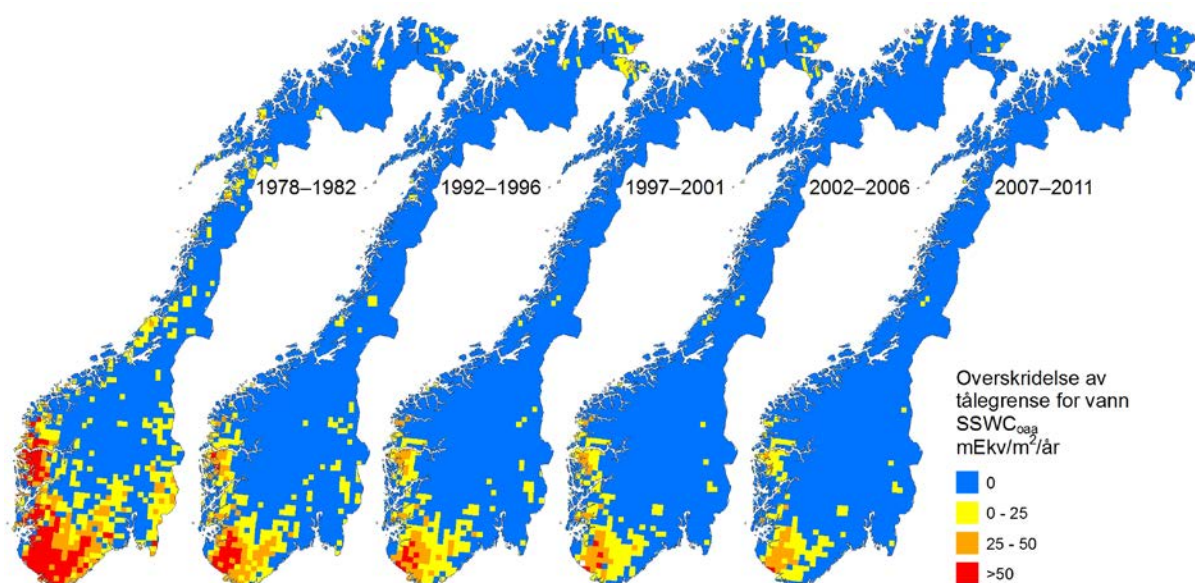
#### 3.1 Overskridelser av tålegrenser for forsuring av overflatevann

Avsetningstallene fra siste periode (2007–2011) viser at 8 % av Norges areal fortsatt har avsetning av S og N som overskrider tålegrensen for forsuring av overflatevann, beregnet med  $SSWC_{\text{aaa}}$ -modellen (Tabell 2 og Figur 3). Dette er litt mindre enn i forrige periode, hvor 10 % var overskredet.

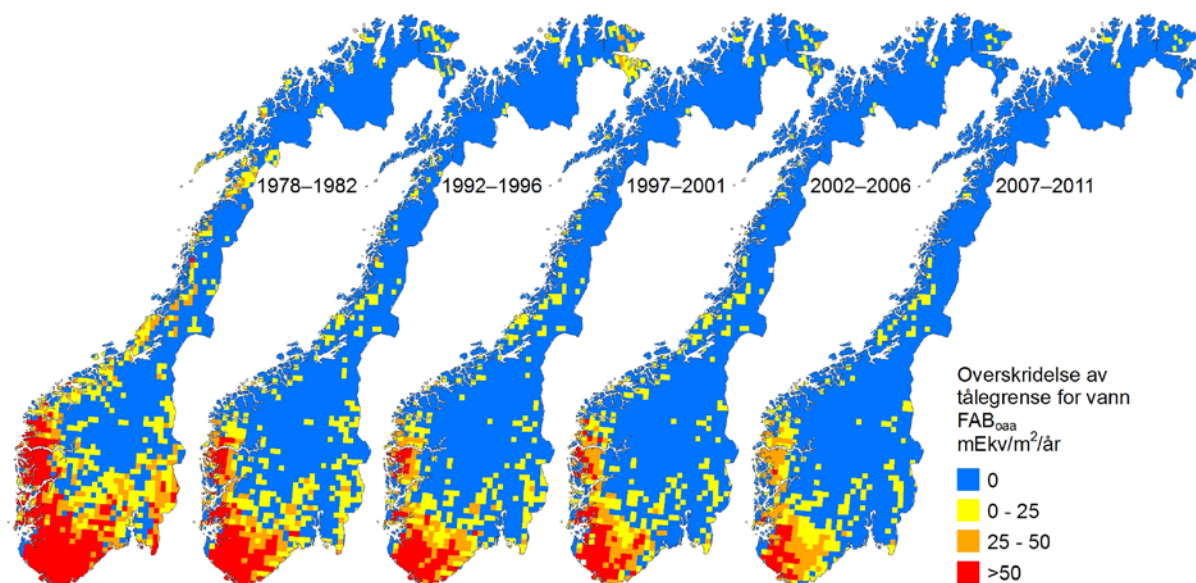
Hvis maksimal N-lekkasje inntreffer med dagens avsetning ( $FAB_{\text{aaa}}$ ), vil områder med overskridelse av tålegrenser utgjøre 19 % av Norges areal (Tabell 2 og Figur 4). Dette er også en liten nedgang i overskredet areal fra forrige periode, som var 21 %.

**Tabell 2.** Areal( $\text{km}^2$ ) og prosent av Norges areal (%) der tålegrensene for forsuring av overflatevann er overskredet, beregnet med  $SSWC_{\text{aaa}}$  og  $FAB_{\text{aaa}}$  i fem perioder.

Periode	$SSWC_{\text{aaa}}$		$FAB_{\text{aaa}}$	
	$\text{km}^2$	%	$\text{km}^2$	%
1978–1982	94 385	29	131 342	41
1992–1996	51 859	16	88 715	28
1997–2001	39 954	12	74 207	23
2002–2006	31 010	10	68 218	21
2007–2011	25 195	8	60 023	19



**Figur 3.** Beregnet overskridelse av tålegrenser for forsuring av overflatevann med bruk av  $SSWC_{\text{aaa}}$ -modellen.



**Figur 4.** Beregnet overskridelse av tålegrenser for forsuring av overflatevann med bruk av  $FAB_{0aa}$ -modellen.

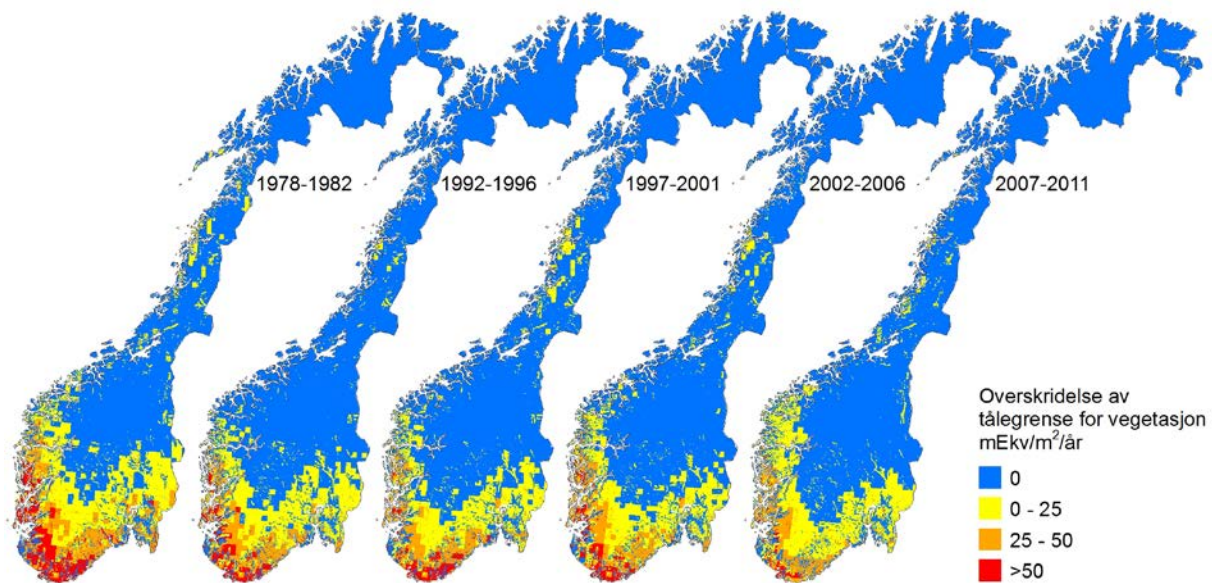
### 3.2 Overskridelser av tålegrenser for overgjødsling av vegetasjon

Avsetningstallene for perioden 2007–2011 gir overskridelser av tålegrenser for vegetasjon i områder som utgjør 21 % av Norges areal (Tabell 3 og Figur 5). Dette er likt med de tre foregående periodene. Alle periodene er beregnet med reviderte tålegrenser og overskridelsen for hver periode ligger derfor noe høyere enn ved forrige rapportering i 2008.

**Tabell 3.** Areal( $\text{km}^2$ ) og prosent av Norges areal (%) der tålegrensene for forsuring av vegetasjon er overskredet.

Periode	Overskredet areal, vegetasjon	
	$\text{km}^2$	%
1978–1982	91 484	29
1992–1996	68 324	21
1997–2001	66 265	21
2002–2006	67 301	21
2007–2011	65 845	21





**Figur 5.** Beregnet overskridelse av tålegrenser for overgjødslings effekter av vegetasjon (empiriske tålegrenser).

### 3.3 Overskridelser av tålegrenser for forsuring av jord

Med avsetningstallene for S og N for perioden 2007–2011, har ingen områder overskridelser med hensyn på skogsjord (Tabell 4).

**Tabell 4.** Areal og prosent av Norges areal der tålegrensene for skogsjord er overskredet.

Periode	Overskredet areal, jord	
	km <sup>2</sup>	% av Norges areal
1978–1982	1379	0,43
1992–1996	199	0,06
1997–2001	0	0,00
2002–2006	0	0,00
2007–2011	0	0,00

## 4. Konklusjoner

Overskridelsen av tålegrensen for forsuring av overflatevann gitt avsetning av S og N for perioden 2007–2011, er beregnet til 8 % av Norges areal ved bruk av  $SSWC_{\text{aaa}}$ -modellen. Overskridelsen blir 19 % ved bruk av  $FAB_{\text{aaa}}$ -modellen.  $FAB_{\text{aaa}}$ -modellen forutsetter full nitrogenmetning i jorda og dermed større bidrag fra nitrogen til forsuring enn i  $SSWC_{\text{aaa}}$ -modellen. I den forrige beregningsperioden (2002–2006) var de tilsvarende tallene 10 % og 21 %, noe som viser at areal med overskridelse av tålegrenser for forsuring av overflatevann har avtatt.

I perioden 2007–2011 har ingen områder i Norges overskridelser av tålegrenser for forsuring av skogsjord.

Beregnet areal overskridelse for overgjødning av vegetasjon ved tilførsel av N er 21 % av Norges areal. På grunn av reviderte tålegrenser, er dette høyere enn det som ble rapportert for 2002–2006 i forrige rapport (14 %). Beregningene gir en stabil overskridelse på 21 % siden 1992. Selv om totale overskridelser er stabile, ser det ut til å være noen forandringer i hvilke områder som har overskridelser.

## 5. Referanser

Aas, W., Hjellbrekke A.-G. og Tørseth K. 2012. Deposition of major inorganic compounds in Norway 2007-2012. Kjeller, Norwegian Institute for Air Research. OR xx/2012

Achermann, B. og R. Bobbink. 2003. Empirical critical loads for nitrogen. Expert workshop Berne 11-13 Nov. 2002. Berne, CH, Swiss Agency for the Environment.

Bobbink, R. og J.P. Hettelingh (eds.). 2011. Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships, Coordination Centre for Effects, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), [www.rivm.nl/cce](http://www.rivm.nl/cce)

Bruteig, I. og P. Aarrestad. 2004. Utvikling av nye nitrogentålegrensekart for naturtypar - eit forprosjekt. Trondheim, Norsk institutt for naturforskning Minirapport no. 50: 18 s.

Cosby, B. J., R. C. Ferrier, *et al.* 2001. "Modelling the effects of acid deposition: refinements, adjustments and inclusion of nitrogen dynamics in the MAGIC model." *Hydrology and Earth System Sciences* 5: 499-518.

Cosby, B. J., G. M. Hornberger, *et al.* 1985. "Modelling the effects of acid deposition: assessment of a lumped parameter model of soil water and streamwater chemistry." *Water Resources Research* 21: 51-63.

Henriksen, A. og M. Posch. 2001. "Steady-state models for calculating critical loads of acidity for surface waters." *Water Air and Soil Pollution: Focus* 1: 375-398.

Hindar, A. og T. Larssen. 2005. Modifisering av ANC- og tålegrenseberegninger ved å inkludere sterke organiske syrer. NIVA-rapport 5030-2005, 38 s.

Klima- og forurensningstilsynet (2010) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel, 2009. Oslo (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1074/2010).

Klima- og forurensningstilsynet (2011) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel, 2010. Oslo (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1099/2011).

Klima- og forurensningstilsynet (2012) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel, 2011. Oslo (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1126/2012).

Larssen, T., E. Lund og T. Høgåsen. 2008. Overskridelser av tålegrenser for forsuring og nitrogen for Norge – oppdatering med perioden 2002–2006. NIVA-rapport 5697-2008. 24 s.

Lydersen E., T. Larssen og E. Fjeld. 2004. The influence of total organic carbon (TOC) on the relationship between acid neutralizing capacity (ANC) and fish status in Norwegian lakes. *Science of the Total Environment* 362: 63-69.

met.no (2007-2012) Været i Norge. Klimatologisk oversikt året 2007-2012. Oslo, Meteorologisk institutt (met.no info 13/2007, 13/2008, 13/2009, 13/2010, 13/2011, 13/2012).

Statens forurensningstilsyn (2008) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel, 2007. Oslo (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1033/08).

Statens forurensningstilsyn (2009) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel, 2008. Oslo (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1051/09).

UBA 2004. Manual on Methodologies and Criteria for Modelling and Mapping Critical Loads and Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends. Umwelt Bundes Amt Texte. Berlin, Umwelt Bundes Amt: 240 pp.



**KLIMA- OG  
FORURENSNINGS-  
DIREKTORATET**

Klima- og forurensningsdirektoratet  
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo  
Besøksadresse: Strømsveien 96  
Telefon: 22 57 34 00  
Telefaks: 22 67 67 06  
E-post: [postmottak@klif.no](mailto:postmottak@klif.no)  
Internett: [www.klif.no](http://www.klif.no)

Utførende institusjon NIVA, NILU	ISBN-nummer 978-82-577-6183-7
-------------------------------------	----------------------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Thorjörn Larssen	Kontaktperson i Klima- og forurensningsdirektoratet Tor Johannessen	TA-nummer 2991/2012
		SPFO-nummer 1135/2012

	År 2012	Sidetall 20	KLIFS kontraktnummer 7012502
--	------------	----------------	---------------------------------

Utgiver NIVA – Norsk Institutt for vannforskning NIVA Rapport 6448-2012	Prosjektet er finansiert av Klima- og forurensningsdirektoratet
---	--

Forfatter(e) Espen Lund, Wenche Aas, Tore Høgåsen og Thorjörn Larssen
<p>Tittel - norsk og engelsk Overskridelser av tålegrenser for forsuring og nitrogen for Norge – oppdatering med perioden 2007–2011</p> <p>Exceedances of critical loads for acidification of surface water and soil and for nitrogen effects on vegetation in Norway 2007–2011</p>
<p>Sammendrag – summary</p> <p>Avsetningsverdier for perioden 2007–2011 gir noe reduksjon i areal med overskridelse av tålegrenser for vann siden forrige periode: Ved bruk av <math>SSWC_{0aa}</math> er 8 % av Norges areal overskredet (10 % i forrige periode). Bruk av <math>FAB_{0aa}</math>-modellen gir en overskridelse på 19 %, en liten reduksjon siden forrige periode (21 %). Overskredet areal for overgjødslings effekter på vegetasjon fra nitrogen er 21 % av Norges areal.</p> <p>Deposition values for the period 2007–2011 gives some reduction in the area of exceedance of critical loads for surface water since the previous period: Using <math>SSWC_{0aa}</math> 8 % of Norway's area is exceeded (10 % in the previous period). Using the <math>FAB_{0aa}</math> model gives an exceedance of 19 %, a small decrease from previous period (21 %). Exceeded area for nutrient effects on vegetation from nitrogen is 21 % of the area of Norway.</p>

4 emneord Tålegrenser, overskridelser, overflatevann, vegetasjon	4 subject words Critical loads, exceedances, surface water, vegetation
---	---



## Statlig program for forurensningsovervåking

### Klima- og forurensningsdirektoratet

Postboks 8100 Dep,  
0032 Oslo

Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00

Telefaks: 22 67 67 06

E-post: [postmottak@klif.no](mailto:postmottak@klif.no)

[www.klif.no](http://www.klif.no)

## Om Statlig program for forurensningsovervåking

Statlig program for forurensningsovervåking omfatter overvåking av forurensningsforholdene i luft og nedbør, skog, vassdrag, fjorder og havområder. Overvåkingsprogrammet dekker langsiktige undersøkelser av:

- overgjødning
- forsuring (sur nedbør)
- ozon (ved bakken og i stratosfæren)
- klimagasser
- miljøgifter

Overvåkingsprogrammet skal gi informasjon om tilstanden og utviklingen av forurensningssituasjonen, og påvise eventuell uheldig utvikling på et tidlig tidspunkt. Programmet skal dekke myndighetenes informasjonsbehov om forurensningsforholdene, registrere virkningen av iverksatte tiltak for å redusere forurensningen, og danne grunnlag for vurdering av nye tiltak. Klima- og forurensningsdirektoratet er ansvarlig for gjennomføringen av overvåkingsprogrammet.

SPFO-rapport 1135/2012  
TA-2991/2012